

На правах рукописи



Юдина Виктория Николаевна

**СОЗДАНИЕ И МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО
МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРГО САХАРНОГО В УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
(сельскохозяйственные науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Симферополь – 2023

Работа выполнена в Институте «Агротехнологическая академия» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»)

- Научный руководитель:** **Болдырева Любовь Леонидовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и растениеводства
- Официальные оппоненты:** **Костылев Павел Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской»
- Остапенко Надежда Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр риса»
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Защита состоится «27» сентября 2023 года в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.199.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52. E-mail: dissovet.nbs@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН «НБС-ННЦ» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52; адрес сайта <http://obr.nbgnsr.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2023 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Зыкова Вера Константиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Сорго сахарное культивируется примерно в 100 странах на более чем 44 миллионах гектаров (Laban K. Rutto, Yixiang Xu, Michael Brandt et al.).

Сорго, как кормовая культура, отличается дешевизной в производстве и способностью формировать высокие и стабильные урожаи в условиях недостатка влаги, является стрессоустойчивой и легко адаптирующейся по отношению к абиотическим факторам окружающей среды. При прогнозируемом повышении температуры и снижении суммарного выпадения осадков в результате сценария глобального изменения климата и его влияния на выращивание менее устойчивых культур к погодным условиям, более широкая адаптивность сорго может обеспечить снижение потерь урожая в районах, пострадавших от абиотических стрессов.

Таким образом, быстрое увеличение населения планеты в сочетании с глобальными климатическими тенденциями, подразумевают, что засухоустойчивые культуры, такие как сорго, будут приобретать все большее значение.

Интерес к сорго сахарному возрастает и в условиях Юга Российской Федерации, в том числе и Крыму, представляя собой важный источник по увеличению производства кормов в этом засушливом регионе. Культура может быть использована на силос, зеленый корм и сенаж. Благодаря содержанию сахаров в стеблях, зеленая масса сорго хорошо силосуется в смеси с другими культурами. Зеленую массу сортов сорго сахарного, убранную до фазы выметывания, можно использовать в качестве корма для сельскохозяйственных животных. По питательной ценности корм из сорго не уступает кукурузе.

Сорго сахарное практически не поражается болезнями и вредителями, хорошо произрастает на засоленных и малопродуктивных землях, имеет слабую реакцию на фотопериодизм. Его можно использовать в случае гибели озимых и ранних яровых, как страховую культуру.

Будучи растением теплолюбивым и требующим позднего срока сева, сорго сахарное успешно возделывается как поукосная, пожнивная культура и используется в совместных посевах с высокобелковыми культурами (соей, амарантом).

Важная хозяйственная особенность сорго – малая норма высева и высокий коэффициент размножения.

Широкое распространение сорго сахарного дает возможность улучшить кормопроизводство в хозяйствах различных форм собственности Южного федерального округа, повысить урожайность и стабильность кормовых культур и существенно снизить себестоимость кормов.

Однако, несмотря на большие преимущества сорго сахарного, площади посевов в Крыму остаются незначительными. Это объясняется следующими основными причинами: отсутствие технологии выращивания новых сортов и гибридов; мелкосемянность; медленный рост в начале вегетации, что приводит к сильному засорению посевов сорняками и т.д.

Важно отметить проблемы в селекции сорго сахарного: 1) малое количество исходного материала с необходимыми признаками: высокой урожайностью надземной массы, повышенным содержанием сахаров в соке стеблей, быстрыми темпами роста на начальных этапах развития растений и др.; 2) недостаток стерильных аналогов линий, участвующих в селекционном процессе в качестве материнских форм; 3) получение ранне- и среднеспелых высокоурожайных сортов и гибридов; 4) медленное внедрение в производство.

В связи с вышеизложенным, актуальным является создание и изучение нового исходного материала сорго сахарного с применением современных методов генетики и селекции, а на его основе получение новых сортов и гибридов с необходимыми селекционно-ценными признаками.

Степень разработанности темы. В настоящее время в России ведутся исследования сорго сахарного с целью создания высокоурожайных сортов, линий, гибридов (А.В. Алабушев, Е.А. Шишова, А.Е. Романюкин, Г.М. Ермолина (2017); Н.А. Ковтунова, А.Б. Володин, В.В. Ковтунов (2017); В.В. Ковтунов, А.Б. Володин, С.И. Капустин, А.С. Капустин (2017); М.П. Жукова, А.Б. Володин, А.С. Голубь (2016); Н.Ю. Петров, Е.Н. Ефремова, В. А. Федорова (2012); Г.И. Левахин (2000); Б.Н. Малиновский (1992) и др.), по созданию форм с повышенным содержанием сахаров в соке стеблей (Н.А. Ковтунова, Г.М. Ермолина, С.И. Горпиниченко, А.Е. Романюкин (2017); Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин (2015); П.И. Костылев (1999) и др.), по созданию и использованию культуры в качестве источника биоэтанола (А.И. Худашова (2017); Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин (2013) и др.).

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертация выполнена на основе научно-исследовательской темы «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов сорго с улучшенными хозяйственно ценными признаками», согласно Тематического плана инициативных научно-исследовательских работ на 2015-2019 гг. Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», п. 4 «Разработка адаптивно-ландшафтных технологий выращивания полевых культур, создание высокопродуктивных сортов и гибридов сорго», № 115121010080 и Тематического плана инициативных научно-исследовательских работ на 2020-2024 гг., п. 3. «Разработка и совершенствование элементов агротехнологий экологически безопасного, влаго-ресурсосберегающего выращивания сельскохозяйственных культур, создание исходного материала для селекции сортов и гибридов сорго, сохранение и восстановление биологического разнообразия лесных экосистем на основе цифровизации в условиях Крыма», № 121050400028-5.

Цель исследования. Создание нового исходного материала сорго сахарного с комплексом селекционно-ценных признаков для дальнейшего получения новых сортов и гибридов с повышенной урожайностью, высокими кормовыми качествами зеленой массы, а также повышенным содержанием сахаров в соке стеблей сорго сахарного.

Задачи исследований:

1. Изучить сорта, линии и формы сорго сахарного коллекции ФГБУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт

генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР им. Н.И. Вавилова) и селекции Института «Агротехнологическая академия» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского») по морфо-биологическим признакам и урожайности.

2. Определить комбинационную способность и реакцию на цитоплазматическую мужскую стерильность исходных образцов сорго сахарного;

3. Выявить корреляционную зависимость между отдельными хозяйственно-биологическими признаками у исследуемых форм сорго сахарного.

4. Создать новые гибриды сорго методом гибридизации и инцухта, на основе отобранных родительских форм.

5. Изучить новые гибриды F_1 сорго по морфо-биологическим и хозяйственным признакам.

6. Установить проявление эффекта гетерозиса у новых гибридов F_1 .

7. Выделить перспективные гибриды для дальнейшей селекционной работы и передачи лучших из них в Госсортокмиссию для испытания с последующим районированием.

Научная новизна полученных результатов. В результате селекционно-генетических исследований впервые в Крыму изучены образцы коллекции ВИР сорго сахарного. Проведена целенаправленная гибридизация и отбор для создания самоопыленных форм. Созданы новые гибриды F_1 с селекционно-ценными признаками.

Установлена комбинационная способность и реакция на ЦМС новых форм сорго сахарного. Выявлены формы с интенсивным начальным ростом и повышенным содержанием сахаров.

Теоретическая и научно-практическая значимость работы. Впервые в Крыму выделены лучшие фертильные сорта и формы коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. Так же в качестве родительских форм использованы образцы селекции АТА «КФУ им. В. И. Вернадского». Методом гибридизации создан 101 гибрид первого поколения сорго сахарного.

Полученные данные способствуют дальнейшему изучению и созданию самоопыленных линий сорго сахарного различного хозяйственного назначения путем многократного индивидуального отбора и инцухтирования полученных гибридов в условиях Крыма.

Методология и методы исследований. В процессе полевых и лабораторных исследований применяли ряд методов: визуальный, весовой, рефрактометрический, математическо-статистический. Гибридизация – согласно стандартным методам. Для оценки реакции на ЦМС у форм сорго использовали трехбалльную шкалу Роджерса и Эдвардсона. Оценку самоопыленных и стерильных линий на ОКС и СКС проводили, используя метод неполного топкросса. Определение эффектов истинного, гипотетического и конкурсного гетерозиса по А. Густафсону. Статистическая обработка проводилась методом дисперсионного и корреляционного анализов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. 12 отцовских сортов, линий, форм и 5 материнских стерильных аналогов линий сорго, перспективных в качестве восстановителей и полувосстановителей мужской стерильности, с высокими ОКС и СКС для создания новых гибридов, отобранные из исходного материала (42 сорта, линии, формы сорго сахарного и 8 стерильных аналогов линий сорго).

2. Новые гибриды F₁ сорго сахарного (101), их которых выделено 27 форм по селекционно-ценным признакам: с наибольшими темпами роста и средней интенсивностью начального роста, с высоким содержанием сахаров в соке стеблей, длительным вегетационным периодом, с максимальными показателями высоты растений и урожайности надземной массы.

3. Три новых гибрида F₁ сорго сахарного с высокой энергетической и экономической эффективностью, перспективные для селекционных исследований с дальнейшей передачей в Госсортокмиссию и районирования.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты исследований докладывались: на III научно-практической конференции «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского» (Симферополь, 2017 г.); на Российской теоретической и научно-практической, юбилейной конференции «Агробиологические основы адаптивно-ландшафтного ведения сельскохозяйственного производства», г. Симферополь, 12–16 октября 2018 г.; на научной конференции «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов», г. Курск, 11–13 сентября 2019 г.; на V научно-практической конференции «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского» (Симферополь, 2019); на V Международной конференции «Генофонд и селекция растений» (Новосибирск, 11–13 ноября 2020 г.); на Всероссийской научной конференции с международным участием «Растениеводство и луговодство» (МСХА, 2020); на Международной научно-практической конференции «Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, зеленой энергетики, экологии и науки о Земле» (ESDCA 2021), Смоленск, 2021 г.; на III Всероссийской конференции молодых ученых АПК «Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика», п. Рассвет: ФГБНУ ФРАНЦ, 14–15 мая 2021 г.; на VIII Всероссийской научно-практической конференции «Методологические и теоретические основы селекции, семеноводства, размножения и защиты сельскохозяйственных, садовых и лесных древесных растений» (ФГБУН «НБС-НИЦ», Ялта, 5-10 сентября 2022 г.).

Публикации. На основе исследований опубликовано 14 печатных работ, в т.ч. 1 научная статья в журнале, индексируемом в Scopus, 6 научных статей в журналах, зарегистрированных в ВАК РФ, 7 тезисов докладов (РИНЦ, DOI).

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в проведении полевых и лабораторных исследований, самостоятельной проработке мировой и отечественной научной литературы по теме диссертационной работы, обобщении результатов, их систематизации и подготовки к печати. Материалы, которые приводятся в работе, получены соискателем лично в процессе исследований. В опубликованных научных статьях,

выполненных в соавторстве, доля диссертанта составляет не менее 70 % и заключается в получении экспериментальных данных и математико-статистической оценке полученных результатов.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 разделов, выводов, предложений для селекционной работы, списка сокращений, списка литературы (168 источников, из них 68 иностранных), 10-ти приложений и изложена на 157 страницах. Текст сопровождается 32 таблицами и 17 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

РАЗДЕЛ 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Представлен материал по истории происхождения и распространения сорговых культур на основании обзора научной литературы отечественных и зарубежных ученых в области сортоизучения и селекции. Изложены вопросы по систематике рода *Sorghum* Moench. Приведены ботаническая и биологическая характеристики сорго. Показана высокая адаптированность сорго к абиотическим стрессам. Согласно литературным источникам, при неблагоприятных условиях окружающей среды формирование урожайности сорго выше и стабильнее, чем у других культур. Приведена информация об основных направлениях применения сорго: как корм для животных, в производстве сахарного сиропа и использовании всего растения в качестве источника биотоплива.

РАЗДЕЛ 2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования в 2018-2021 гг. проводились на кафедре земледелия и растениеводства в селекционном севообороте на опытном поле Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

При выращивании сорговых культур придерживались общепринятой агротехники в данной зоне. Делянки питомника исходного материала однорядковые, площадью 7 м², закладывались в трехкратной повторности.

В питомниках гибридизации высевались стерильные аналоги линий и фертильные формы, где вручную проводилось опыление. В испытаниях гибридов и их родительских сортов и форм делянки двухрядковые, площадью 14 м², повторность трехкратная. В качестве контроля использовали районированный сорт сорго сахарного Памяти Шепеля. На всех делянках изолировали типичные по морфологическим признакам метелки для получения самоопыленных семян.

В процессе полевых и лабораторных исследований применяли ряд методов: визуальный, весовой, рефрактометрический, математико-статистический.

Для оценки реакции на ЦМС у форм сорго использовали трехбалльную шкалу Роджерса и Эдвардсона.

Оценку самоопыленных и стерильных линий на ОКС и СКС проводили согласно методическим рекомендациям по применению методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности.

Определение эффектов истинного, гипотетического и конкурсного гетерозиса по А. Густафсону.

Статистическая обработка проводилась методом дисперсионного и корреляционного анализ.

Погодные условия в период вегетации сорго. При изучении метеорологических условий в период проведения исследований (2018 - 2021 гг.) установлено, что погодные условия неоднородны по годам, а показатели температуры воздуха и осадков значительно отличаются от средних многолетних значений.

Если в 2018 г. распределение осадков было более равномерным, то в последующие годы в условиях недостатка запасов влаги в зимний период наблюдались слабые изреженные всходы в 2019 г., а обильные осадки после всходов в 2019, 2020 и 2021 гг. вызвали смыв почвы, и в некоторых случаях, вымывание растений из почвы (рисунок 1).

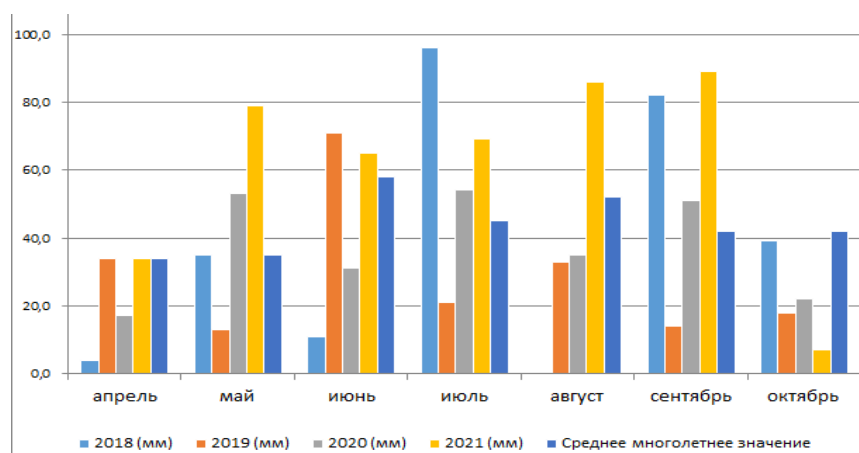


Рисунок 1 – Суммарное количество выпавших осадков (мм), г. Симферополь, 2018-2021 гг.

Сложившаяся ситуация привела к длительному периоду органогенеза у сорго сахарного. Если в благоприятный год всходы получали через 7-8 суток, то в эти годы всходы растягивались до 23 суток.

В течение 2018-2021 гг. исследований выявлено, что в летний период 2021 года, несмотря на высокие температуры воздуха (рисунок 2), осадки благоприятно повлияли на развитие зеленой массы сорго.

Неблагоприятными для исследуемых образцов оказались метеорологические условия в 2020 году, отрицательно повлияв на урожайность и содержание сахаров в соке стеблей сорго сахарного. Погодные условия в 2018-2019 гг. были более благоприятны для данной культуры, это можно наблюдать на примере биометрических показателей и урожайности надземной массы сорго.

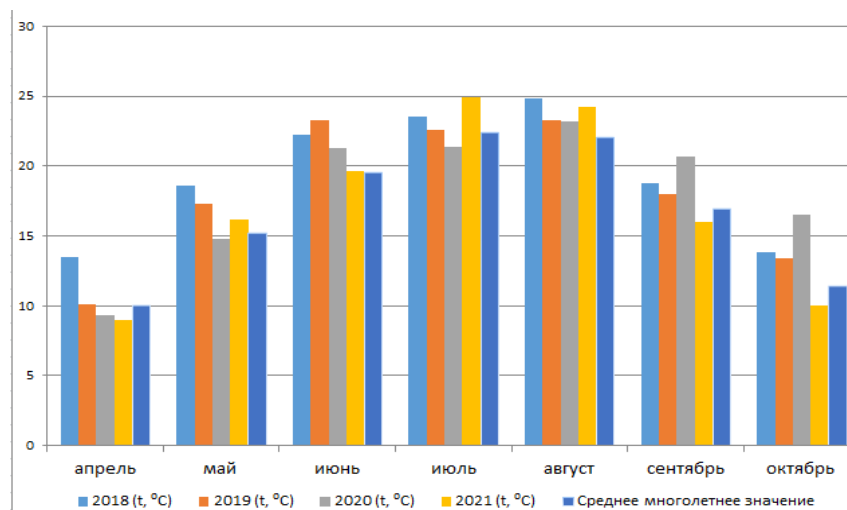


Рисунок 2 – Средние температуры воздуха (t, °C), г. Симферополь, 2018-2021 гг.

РАЗДЕЛ 3 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ СОРГО САХАРНОГО

Первый этап селекционной работы заключался в изучении 30 образцов сорго сахарного коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова и 12 образцов селекции КФУ имени В.И. Вернадского и в выделении лучших из них для гибридизации.

Морфо-биологическая характеристика родительских форм. Большого внимания заслуживает оценка образцов по длине вегетационного периода, на необходимость которой еще в 30-е гг. XX в. указывали Н.И. Вавилов и Н.Н. Кулешов. В засушливых условиях Крыма более высокие урожаи отмечаются у средне- и позднеспелых сортов и форм сорго сахарного. Благодаря длительному вегетационному периоду позднеспелые формы захватывают осадки сентября месяца.

По длине вегетационного периода в 2018-2021 гг. образцы разделены на группы: раннеспелые (до 100 суток) – 1 форма (Кинельское 4), среднеранние (101-110 суток) – 14 форм (Цукровское, Памяти Шепеля), среднеспелые (111-120 суток) – 6 форм (Крымское 15, Rox orange). Большинство растений (95 %) отнесено к среднеранним и среднеспелым образцам. Высота растений является весьма важным признаком. Она положительно коррелирует с таким признаком, как урожайность надземной массы. По результатам четырехлетних исследований самые высокие растения отмечены среди сортов и форм Fekete maguar– 217,8 см, Крымское 15 – 205,5 см. Большинство образцов можно отнести к среднерослым (200-151 см): ПНС 2-13, Крысакор 12/1, Early Fulgar и др.

У большинства сортов, линий и форм метелки были средней длины (21-30 см): Флагман, Крымский сладкий и др.

Изучая размеры листа, следует отметить, что большинство образцов имели короткий и узкий лист (45,0-60,0 и 5,0-7,5 см): Лиственит, Кинельское 4, Питательное, или средний по длине, но узкий (61-75 и 5,0-7,5 см) лист: Early Fulgar, Kansas orange. И со средней длиной и шириной (61,0 - 75,0 и 7,6 - 10,0 см)

листа: Fekete maguar. Размеры листа влияют на фотосинтетическую активность растений сорго (таблица 1).

Таблица 1 - Морфо-биологическая характеристика сортов, линий и форм сорго сахарного, 2018-2021 гг.

Название сорта, линии, формы	Происхождение	Всходы - полная спелость, сут.	Высота растений, см	Длина метелки, см	Лист, см	
					длина	ширина
Памяти Шепеля (контроль)	Д733-17 г.	107	202,9	26,4	60,4	7,9
Сорго Абхазия	Абхазия	103	158,0	20,7	59,5	7,4
Просвет 1/1	Д738-17 г.	108	156,6	16,7	67,7	7,0
Крымский сладкий	Д726-17 г.	108	194,5	28,5	67,3	6,3
Крысакор 12/1	Д729-17г.	105	200,0	26,5	63,1	8,3
Fekete maguar	Венгрия	108	217,8	24,7	64,8	7,4
Early Fulgar	Судан	109	174,8	27,0	62,1	7,8
Kansas orange	Бразилия	112	204,3	25,8	62,0	7,8
Лиственит	Ростов. обл.	111	189,7	26,2	53,5	7,1
Крымское 15	Д732-17 г.	116	205,5	24,3	63,3	9,7
Кинельское 4	Самарск.обл.	97	156,0	25,8	44,9	5,2
НСР ₀₅		5,9	27,2	8,6	8,9	1,3

За период исследований были выявлены сорта и формы с наибольшим содержанием сахаров – более 17 % (Kansas orange, Просвет 1/1). Сорта и формы с высоким содержанием сахаров рекомендовано использовать при создании высокосахаристых форм и гибридов сорго сахарного (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание сахаров в соке стеблей сортов, линий и форм сорго сахарного, 2018-2021 гг.

Название сорта, линии, формы (А)	Содержание сахаров в соке стеблей (В), %				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	в среднем по фактору А
Памяти Шепеля (контроль)	20,0	17,5	16,0	16,7	17,5
Сорго Абхазия	17,7	18,0	14,0	13,0	15,7
Просвет 1/1	18,5	22,7	16,2	16,7	18,5
Крымский сладкий	19,2	18,0	19,0	16,3	18,1
Крысакор 12/1	15,3	17,5	17,0	19,3	17,3
Early Fulgar	16,3	14,7	14,5	17,2	15,7
Лиственит	10,0	21,0	23,0	19,0	18,3
Крымское 15	15,8	15,0	15,5	16,3	15,7
Кинельское 4	15,0	16,3	17,7	16,3	16,3
Kansas orange	15,8	18,7	19,8	19,0	18,3
Fekete maguar	7,0	17,0	19,7	19,0	15,7
в среднем по фактору В	15,5	17,9	17,5	17,2	17,0
НСР _{05А} , %	0,93				
НСР _{05В} , %	0,35				
НСР _{05АВ} , %	1,68				

Урожайность надземной массы изучаемых сортов, линий и форм в среднем за четыре года варьировала от 15,7 до 48,9 т/га (Крымское 15). В среднем за четыре года урожайность на уровне стандарта наблюдалась у трех образцов (Сорго Абхазия, Fekete maguar, Зерноградский янтарь), а существенное превышение над сортом-контролем отмечено только у Крымское 15, Kansas orange.

В структуре урожая преобладали стебли (свыше 60,0 % от всей надземной массы растений): Early Fulgar, Лиственит, что важно для получения сока (таблица 3).

В селекционной практике рекомендовано особое внимание уделять сортам линиям и формам сорго с повышенной урожайностью надземной массы.

Таблица 3 – Урожайность и структура урожая сортов, линий и форм сорго сахарного, 2018-2021 гг.

Сорт, линия, форма (А)	Урожайность надземной массы (В), т/га					Структура урожая, %		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	в среднем по фактору А	стебли	метелки	листья
Памяти Шепеля контроль	33,6	53,3	33,5	33,1	38,4	68,1	18,9	13,0
Сорго Абхазия	31,9	46,8	39,4	35,4	38,4	61,8	22,6	15,6
Просвет 1/1	31,0	34,5	32,7	33,7	33,0	66,7	16,6	16,8
Крымский сладкий	26,5	32,4	29,5	28,4	29,2	64,1	20,2	15,7
Крысакор 12/1	28,7	39,6	34,1	31,5	33,5	68,9	18,2	12,9
Early Fulgar	29,8	46,4	27,9	28,9	33,2	64,1	20,9	15,0
Лиственит	32,6	50,4	34,8	39,7	39,4	64,9	15,7	19,4
Крымское 15	49,1	60,5	39,5	46,3	48,9	65,9	18,8	15,3
Fekete maguar	42,1	55,6	19,8	35,2	38,2	65,6	21,5	12,9
Kansas orange	43,7	73,9	37,0	32,8	46,9	65,4	25,0	9,6
Кинельское 4	15,1	15,3	15,5	17,0	15,7	60,2	22,9	16,9
в среднем по фактору В	31,0	39,8	27,7	31,7	32,6	-	-	-
НСР ₀₅ А = 2,1 т/га НСР ₀₅ В = 0,9 т/га НСР ₀₅ АВ = 4,3 т/га						-	-	-

Таким образом, по хозяйственно ценным признакам было выделено 12 сортов, линий и форм: 5 – коллекции ВИР (Сорго, Абхазия, Early Fulgar, Лиственит, Early Amber и Lango, Olwa) и 7 – селекции АТА КФУ (Памяти Шепеля, Просвет 1/1, Крымский сладкий, Крысакор 12/1, ПНС 2-13, Крымское 15, Питательное) для гибридизации и дальнейшей селекционной работы. Они использовались как отцовские компоненты.

В результате исследований 2018-2021 гг. в качестве материнской формы было отобрано 5 аналогов линий сорго: из них 3 зернового (Бурана 24С, Искра 2С, Перспектива 80С) и 2 стерильных гибрида (Коричневая 11С x ГОС 11)С, (Искра 2С x ГОС 11)С.

Оценка сортов, линий и форм сорго по реакции на ЦМС. Изучение селекционного материала сорго по отношению к цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) проводилось путем анализирующих скрещиваний изучаемого материала с источниками стерильности. Исследование ЦМС показало, что среди изучаемых образцов сорго сахарного (71 %) являлись восстановителями фертильности (гибриды F_1 с жизнеспособной пылью): Просвет 1/1, Сорго Абхазия, Крымский сладкий, Крысакор 12/1, ПНС 2-13, Крымское 15, Early Amber, Fekete maguar, Early Fulgar, а (29 %) были полувосстановителями (частичное проявление жизнеспособности пыльцы у гибридов F_1): Оранжевое 160, Lango, Olwa, Rox orange (рисунок 3).

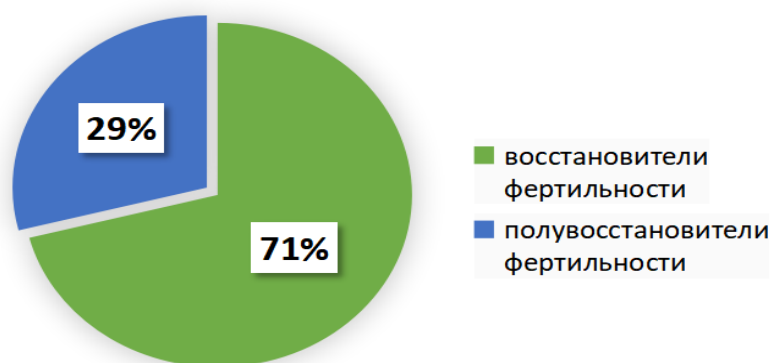


Рисунок 3 – Реакция на ЦМС у сортов, линий и форм сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Как известно из сообщений D. Duvick (1958), А. Н. Палиловой (1961), Г.С. Галеева (1962), образцы с частичным восстановлением фертильности могут служить исходным материалом для получения линий-закрепителей стерильности и их стерильных аналогов, а также восстановителей фертильности (путем насыщающих скрещиваний и целенаправленного отбора).

Восстановители фертильности, особенно с высокой комбинационной способностью были использованы в гибридизации, как отцовские формы.

Оценка сортов, самоопыленных линий, форм и стерильных линий на комбинационную способность. Одним из методов по созданию гибридов является подбор родительских форм на основе изучения их комбинационной способности. Информация о комбинационной способности сорговых культур необходима для получения высокопродуктивного потомства. Формы для скрещивания подбирают с учетом их общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС).

В исследованиях использовали метод неполного топкросса, согласно которому скрещивания проводят таким образом, что можно получить для каждой проверяемой формы гибриды не со всеми, а с некоторыми стерильными линиями, при этом число комбинаций с участием каждой самоопыленной линии, сорта одинаково, как и число комбинаций с участием каждой стерильной линии.

По результатам оценки восьми фертильных форм сорго сахарного в течение 2019-2021 гг. высокую ОКС по урожайности зеленой массы показал сорт Крымское 15 (+7,07; +8,10; +9,76). Среди стерильных линий высокая ОКС у (Искра 2С х ГОС 11)С (+8,91; +3,20; +6,34). Выделенные образцы рекомендовано применять в более широких скрещиваниях для создания высокогетерозисных гибридов с повышенной урожайностью

С высокой СКС выделены фертильные сорта, линии, формы сорго сахарного: Лиственит (2019-2020 гг.), Крымский сладкий (2020-2021 гг.), Early Fulgar, ПНС 2-13 (2019 г.; 2021 г.), Памяти Шепеля, Lango, Olwa (2019 г.) и стерильные линии: Бурана 24С и (Коричневая 11С х ГОС 11)С (в 2019-2020 гг.), Искра 2С и (Искра 2С х ГОС 11)С (в 2021 г.). Эти формы, сорта и линии рекомендовано применять в конкретных комбинациях скрещиваний для создания высокоурожайных гибридов (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка эффектов ОКС родительских сортов, линий и форм сорго сахарного по урожайности надземной массы, 2019 -2021 гг.

Название родительских форм	Эффект ОКС фертильной формы, линии, сорта (g _i)		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Фертильная форма, линия, сорт ♂			
Памяти Шепеля контроль	+0,60	+1,07	+2,04
Просвет 1/1	-7,00	-5,47	-4,92
ПНС 2-13	+3,78	-2,69	+0,28
Лиственит	+2,80	+1,08	-1,89
Крымское 15	+7,07	+8,10	+9,76
Lango, Olwa	-15,53	-2,15	-4,36
Early Fulgar	+6,21	+0,18	+0,23
Крымский сладкий	+2,07	-0,13	-1,14
Σ	0	0	0
НСР	1,97	1,39	2,83
Стерильные аналоги линий ♀			
	Эффект ОКС стерильных аналогов линий (g _j)		
Искра 2С	-0,08	+0,13	-0,18
Бурана 24 С	-6,55	-2,62	-3,26
(Искра 2С х ГОС 11) С	+8,91	+3,20	+6,34
(Коричневая 11С х ГОС 11) С	-2,28	-0,71	-2,90
Σ	0	0	0
НСР	1,49	1,05	2,17

Корреляционная зависимость между признаками сортов, самоопыленных линий и форм сорго сахарного. Установление зависимости между признаками – одна из важных агрономических задач. Благодаря корреляционному анализу можно определить направление и степень связи количественных признаков у сорго сахарного.

Проведенный корреляционный анализ по трехлетним данным между морфологическими признаками, начальным ростом в период «30 сутки после всходов», длительностью вегетационного периода, урожайностью и содержанием

сахаров в соке стеблей сортов, линий, форм сорго сахарного показал, что высокие положительные связи сформированы между шириной листа и диаметром стебля (0,79); количеством междоузлий и диаметром стебля (0,74); количеством междоузлий и периодом «всходы-полная спелость» (0,81).

Средние положительные корреляционные связи ($r = 0,30 - 0,70$) наблюдались между продолжительностью вегетационного периода и диаметром стебля; высотой растений и динамикой начального роста, высотой растений и содержанием сахаров в соке стеблей, высотой растений и количеством междоузлий; урожайностью и биометрическими показателями (высотой, шириной листа, количеством междоузлий, диаметром стебля); шириной листовых пластин и количеством междоузлий (таблица 5).

Таблица 5 – Коэффициент корреляции между признаками у сортов, самоопыленных линий и форм сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Показатель	Всходы-полная спелость	Содержание сахара в соке стеблей	Урожайность надземной массы	Высота растений	Лист		Количество междоузлий	Диаметр стебля
					длина	ширина		
Период «30 сутки после всходов»	0,09	0,33	0,23	0,51	-0,22	0,22	0,23	-0,11
Всходы-полная спелость	-	0,27	0,19	0,13	-0,01	0,26	0,81	0,51
Содержание сахара в соке стеблей	-	-	-0,03	0,10	-0,22	-0,22	0,07	-0,13
Урожайность надземной массы	-	-	-	0,48	-0,03	0,51	0,55	0,33
Высота растений	-	-	-	-	0,14	-0,05	0,32	-0,32
Лист	длина	-	-	-	-	0,02	0,05	0,10
	ширина	-	-	-	-	-	0,64	0,79
Количество междоузлий	-	-	-	-	-	-	-	0,74

РАЗДЕЛ 4 СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ НОВЫХ ГИБРИДОВ СОРГО САХАРНОГО

Изучение динамики начального роста новых гибридов сорго сахарного и их родительских форм. Известно, что медленный рост надземной массы у сорго наблюдается в первые 30-35 суток после всходов. Связано это с тем, что в

начальный период развития растений сорго идет интенсивное формирование корневой системы, что, способствует повышению засухоустойчивости культуры.

Медленный рост на начальных этапах развития сорго ведет к низкой конкурентоспособности с сорными растениями, а, следовательно, и медленному внедрению культуры в кормопроизводство. Возникает необходимость в создании сорговых культур с более интенсивными темпами начального роста.

В 2019-2021 гг. проведены исследования по изучению динамики начального роста сортов, гибридов и линий сорго сахарного на десятые, двадцатые, тридцатые и сороковые сутки после всходов. Установлено, что в период «0-10 сутки после всходов» суточный прирост надземной массы гибридов составил до 1,08 см/сут. (Искра 2С x ГОС 11)С x Питательное); при измерении скорости роста побега в период «10-20 сутки после всходов» выявлено, что прирост зеленой массы сорго достигал 1,15 см/сут. (Искра 2С x ГОС 11)С x Питательное (рисунок 4).

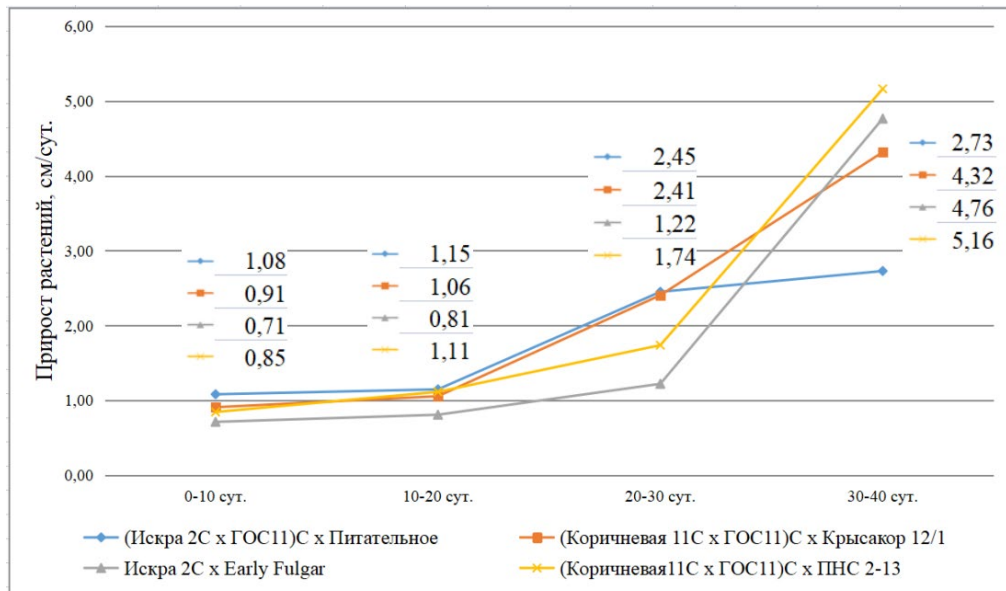


Рисунок 4 – Интенсивность начального роста гибридов сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Наибольший суточный прирост период «20-30 сутки после всходов» отмечен у гибридов (Коричневая 11С x ГОС11)С x Крысакор 12/1 (2,41 см/сут.) и (Искра 2С x ГОС11)С x Питательное (2,45 см/сут.).

Изучение высоты растений на 40-е сутки после всходов показало увеличение прироста надземной массы всех образцов сорго сахарного, что связано со снижением интенсивности прироста корневой системы. Скорость роста растений в период 30-40 сутки увеличилась более чем в два раза и составила до 5,16 см/сут. - (Коричневая 11С x ГОС 11)С x ПНС 2-13.

По результатам периода «30 сутки после всходов» все изучаемые гибриды и их родительские формы были разделены на группы по интенсивности начального роста: с низкими показателями (30-45 см): (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Просвет 1/1, Искра 2С x ПНС 2-13; средняя интенсивность (46-60 см) установлена у гибрида (Искра 2С x ГОС 11)С x Питательное – 46,8 см

Существенное превышение над сортом-контролем по данному показателю выявлено у гибридов (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1, Искра 2С х ПНС 2-13, (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное.

Результаты показывают, что исследования в данном направлении следует продолжить с целью создания форм с более интенсивными темпами начального роста (таблица 6).

Таблица 6 – Интенсивность начального роста гибридов и родительских форм сорго сахарного в период «30 сутки после всходов», 2019-2021 гг.

Название сорта, гибрида (А)	Высота растений в период «30 сут. после всходов» (В), см			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	В среднем по фактору А (НСР ₀₅ А = 1,6)
Памяти Шепеля, контроль	51,2	25,7	46,4	41,1
(Искра 2С х ГОС 11)С х Памяти Шепеля	46,5	16,7	35,7	32,9
(Искра 2С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	47,4	25,3	30,3	34,3
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	49,2	26,4	34,9	36,8
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1	47,0	44,5	39,6	43,7
Искра 2С х ПНС 2-13	47,6	40,0	44,1	43,9
Искра 2С х Early Fulgar	29,2	23,0	30,1	27,4
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar	48,2	30,3	42,9	40,5
Бурана 24С х Early Fulgar	38,8	26,9	32,1	32,6
(Искра 2С х ГОС 11)С х Крымское 15	46,2	30,7	35,2	37,4
(Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное	53,3	43,5	43,7	46,8
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Lango, Olwa	41,6	16,5	40,9	33,0
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber	53,0	25,4	33,1	37,2
В среднем по фактору В (НСР ₀₅ В = 0,4)	45,5	27,5	36,0	36,1
НСР ₀₅ АВ, см				2,7

Изучение морфо-биологических особенностей и урожайности новых гибридов сорго сахарного. Изучение морфо-биологических особенностей у новых гибридов сорго сахарного, как например, высота растений, размер метелок, ширина междоузлий, размер листа, позволяет установить их хозяйственно ценные признаки. По периоду «всходы-полная спелость» в 2019-2021 гг. гибриды были разделены на группы: раннеспелые (до 100 суток): (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Лиственит, (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1, среднеранние (100-110 суток): (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное, Искра 2С х ПНС 2-13 и среднеспелые (111-120 суток): (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Lango, Olwa.

Несмотря на засушливые условия 2019-2021 гг. гибриды сорго сахарного сформировали достаточно высокий уровень урожайности надземной массы. В среднем за 3 года это значение было на уровне 26,1 - 52,1 т/га.

В селекционной практике рекомендовано особое внимание уделять гетерозисным гибридам по урожаю надземной массы и достоверным превышением над контролем: (Искра 2С х ГОС 11)С х Крымское 15 (52,1 т/га), (Коричневая 11С х

ГОС 11)С х Лиственит (46,4 т/га), (Искра 2С х ГОС 11)С х Памяти Шепеля (45,2 т/га), (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber (44,8 т/га).

Были выявлены гибриды F_1 с наибольшим содержанием сахаров: - простой гибрид F_1 : Бурана 24С х Early Fulgar (17,9 %); - трехлинейные гибриды F_1 : (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Просвет 1/1 (17,8 %), (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1 (17,2 %), (Искра 2С х ГОС 11)С х Просвет 1/1 (16,6 %), (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное (16,7 %). Данные гибриды F_1 рекомендованы для селекции на высокосахаристость (таблица 7).

Таблица 7 – Урожайность, содержание сахаров в соке стеблей и выход сахара у гибридов F_1 сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Сорт, гибрид (А)	Урожайность надземной массы (В), т/га				Содержание сахаров в соке стеблей, %	Выход сахара, т/га
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	В среднем по фактору А (НСР ₀₅ = 2,1)		
Памяти Шепеля контроль	53,3	33,5	33,1	40,0	16,7	2,7
(Искра 2С х ГОС 11)С х Памяти Шепеля	56,9	33,8	44,9	45,2	15,2	2,6
(Искра 2С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	24,6	27,0	26,8	26,1	16,6	1,7
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	41,0	27,0	34,0	34,0	17,8	2,1
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1	40,2	31,5	37,2	36,3	17,2	2,4
Искра 2С х ПНС 2-13	58,0	26,3	38,5	40,9	15,3	2,3
Искра 2С х Early Fulgar	47,8	30,8	32,5	37,0	14,4	1,9
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar	58,9	30,2	39,9	43,0	12,3	1,8
Бурана 24С х Early Fulgar	53,5	30,2	42,5	42,1	17,9	2,7
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Лиственит	64,8	37,8	36,6	46,4	14,2	2,6
(Искра 2С х ГОС 11)С х Крымское 15	64,5	41,2	50,5	52,1	9,6	3,2
(Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное	49,5	27,9	40,0	39,1	16,7	2,5
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Lango, Olwa	25,5	27,4	30,1	27,6	14,7	1,5
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber	51,2	39,2	44,0	44,8	15,3	2,6
в среднем по фактору В (НСР ₀₅ В = 0,6 т/га)	48,8	30,5	36,6	38,6	-	-
НСР ₀₅ АВ = 3,9 т/га					-	-

Расчеты показывают, что изучаемые гибриды могут обеспечить выход сахара на уровне 1,5 – 3,2 т/га. Следует отметить, что из сорго сахарного получаемый сахар не кристаллизуется как свекловичный, так как содержит кроме сахарозы, глюкозу и фруктозу. Получаемый сироп можно использовать как в пищевой промышленности, так и для получения биоэтанола.

Гетерозис по морфологическим признакам и урожайности сорго сахарного. При изучении эффекта гетерозиса (истинный, гипотетический и трансгетерозис) из всей совокупности хозяйственно - ценных признаков по продолжительности вегетационного периода, высоте растений и урожайности установлено:

1. У гибридов сорго сахарного гетерозис по периоду «всходы-полная спелость» проявился незначительно. Выявлено существенное превышение над контролем у гибридов Бурана 24С x Early Fulgar, Искра 2С x Early Fulgar, (Искра 2С x ГОС 11)С x Early Fulgar. Наиболее позднеспелые по отношению к контролю гибриды (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Lango, Olwa, Бурана 24С x Lango, Olwa – 13,7 % (+ 14 дней).

2. Ряд гибридов превысил (+) средний показатель высоты родительских форм, у Бурана 24С x Early Fulgar +32,3 см или 22,4 %, гибрид Перспектива 80С x Просвет 1/1 был выше среднего по родителям на 28,6 см или эффект гипотетического гетерозиса составил 23,9 %.

3. По урожайности надземной массы у большинства гибридов наблюдается превышение над лучшей родительской формой. Наибольший эффект истинного гетерозиса отмечен у гибридов (Искра 2С x ГОС 11)С x Early Fulgar – 25,0 %, Искра 2С x ПНС 2-13 – 29,0 %, (Искра 2С x ГОС 11)С x Early Amber – 37,0 %.

Наибольший эффект гипотетического гетерозиса отмечен у гибридов Искра 2С x ПНС 2-13 (30,9 %) и (Искра 2С x ГОС 11)С x Early Amber (46,4 %) (таблица 8).

Таблица 8 – Конкурсный гетерозис по урожайности надземной массы гибридов F₁ сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Сорт, гибрид (А)	Урожайность надземной массы (В), т/га				Эффект гетерозиса	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	т/га	%
Памяти Шепеля контроль ♂	53,3	33,5	33,1	40,0	-	-
(Искра 2С x ГОС 11)С x Памяти Шепеля	56,9	33,8	44,9	45,2	+5,2	13,0
(Искра 2С x ГОС 11)С x Просвет 1/1 F ₁	24,6	27,0	26,8	26,1	-13,9	34,8
Искра 2С x ПНС 2-13 F ₁	58,0	26,3	38,5	40,9	+0,9	2,3
Искра 2С x Early Fulgar F ₁	47,8	30,8	32,5	37,0	-3,0	7,5
(Искра 2С x ГОС 11)С x Early Fulgar F ₁	58,9	30,2	39,9	43,0	+3,0	7,5
Бурана 24С x Early Fulgar F ₁	53,5	30,2	42,5	42,1	+2,1	5,3
(Искра 2С x ГОС 11)С x Крымское 15 F ₁	64,5	41,2	50,5	52,1	+12,1	30,3
(Коричневая 11С x ГОС 11)С x Lango, Olwa F ₁	25,5	27,4	30,1	27,6	-12,4	31,0
(Искра 2С x ГОС 11)С x Early Amber F ₁	51,2	39,2	44,0	44,8	+4,8	12,0
НСР ₀₅ А, т/га	2,22				-	-
НСР ₀₅ В, т/га	0,79				-	-
НСР ₀₅ АВ, т/га	4,07				-	-

Конкурсный гетерозис у гибридов (Искра 2С х ГОС 11)С х Памяти Шепеля, (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber, (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar составляет 13,0, 12,0 и 7,5 % соответственно.

Трансгетерозис позволил выявить гибрид (Искра 2С х ГОС 11)С х Крымское 15, достоверное превышение у которого по урожайности над сортом-контролем Памяти Шепеля составил 12,1 т/га (30,3 %).

Результаты изучения наследования количественных признаков гибридов F₁ сахарного сорго. В научной литературе часто встречаются результаты, когда значение гетерозиса характеризует коэффициент доминирования (h_p).

Установлены коэффициенты доминирования по продолжительности вегетационного периода, высоте растений, длине метелки, диаметру стебля и количеству междоузлий у гибридов F₁ сорго сахарного.

При изучении наследования признаков установлено:

- по продолжительности периода «всходы - полная спелость» большинство образцов обладали эффектом доминирования и сверхдоминирования признака (Искра 2С х Памяти Шепеля, (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное) (таблица 9);

Таблица 9 – Наследование количественных признаков гибридами F₁ сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Название гибрида	Коэффициент доминирования, h _p					
	Всходы-созревание	Высота растений	Длина метелки	Диаметр стебля	Количество междоузлий	Содержание сахаров в соке стеблей
(Искра 2С х ГОС 11)С х Памяти Шепеля	0,9	0,9	-2,1	-0,4	-1,0	0,3
(Искра 2С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	1,0	21,2	-0,8	0	3,0	0,4
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	-0,2	5,3	0	-1,4	1,9	0,8
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1	-0,1	0,3	0,3	-1,5	0,8	0,7
Искра 2С х ПНС 2-13	-0,3	0,5	0,9	-0,8	0,1	0,1
Искра 2С х Early Fulgar	1,2	0,8	-3,8	-0,7	0,2	0,4
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar	1,2	0,6	-1,9	-0,7	-0,4	-1,1
Бурана 24С х Early Fulgar	1,6	1,5	-1,0	-2,0	-0,5	2,5
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Лиственит	-0,7	-0,2	-0,5	-1,5	-0,2	-0,7
(Искра 2С х ГОС 11)С х Крымское 15	0,4	0,3	-2,3	-7,1	-0,3	-2,9
(Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное	0	4,0	2,8	-0,4	0	0,5
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Lango, Olwa	2,5	0,6	1,7	-9,8	-0,3	-0,3
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber	-0,6	0,9	-8,1	-0,4	0	0,4

- по высоте растений эффект сверхдоминирования выявлен у гибридов Перспектива 80С х Просвет 1/1, Бурана 24С х Early Fulgar, (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное и Бурана 24С х Просвет 1/1;
- при изучении наследования длины метелки большинство гибридов обладали отрицательным доминированием;
- по количеству междоузлий сверхдоминирование установлено у гибридов (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1, Бурана 24С х Просвет 1/1, Бурана 24С х Сорго Абхазия, (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber;
- при изучении наследования содержания сахаров в соке стеблей сорго сахарного выявлен у гибрида с эффектом сверхдоминирования признака – Бурана 24С х Early Fulgar.

РАЗДЕЛ 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ ГИБРИДОВ И РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ СОРГО САХАРНОГО

Установление экономической эффективности полученного продукта является одним из обязательных условий в сельском хозяйстве. Важно не только создание новых форм высокопродуктивных кормовых культур для сельскохозяйственных животных, но и возрастает необходимость в проведении их энергетической (таблица 10) и экономической оценки.

Таблица 10 – Кормовая ценность зеленой массы сортов, линий, форм и гибридов сорго сахарного (для крупного рогатого скота), 2019-2021 гг.

Название сорта, линии, формы, гибрида (А)	Урожайность зеленой массы, т/га (НСР ₀₅ А = 2,1 т/га)	Обменная энергия (ОЭ), мДж / 1 кг зеленой массы	Энергетические кормовые единицы (ЭКЕ), мДж/1 кг зеленой массы	Кормо-протеиновые единицы, т/га
Памяти Шепеля контроль	40,0	2,12	0,21	8,49
Lango, Olwa	28,3	2,58	0,26	7,30
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Lango, Olwa	27,6	2,36	0,24	6,53
Early Amber	28,5	2,24	0,22	6,37
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber	44,8	2,00	0,20	8,94
ПНС 2-13	31,7	2,64	0,26	8,38
(Искра 2С х ГОС 11)С х ПНС 2-13	35,6	2,50	0,25	8,91
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х ПНС 2-13	37,5	2,44	0,24	9,15
Искра 2С х ПНС 2-13	40,9	2,40	0,24	9,83
Early Fulgar	34,4	2,17	0,22	7,45
Искра 2С х Early Fulgar	37,0	2,67	0,27	9,88
(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar	43,0	2,26	0,23	9,73
Просвет 1/1	32,7	2,39	0,24	7,81
(Коричневая 11С х ГОС 11)С х Просвет 1/1	34,0	2,21	0,22	7,52

Расчет кормовой ценности зеленой массы форм сорго сахарного для крупного рогатого скота, позволил выявить, что форма ПНС 2-13 и гибрид Искра 2С х Early Fulgar обладают наибольшим содержанием обменной энергии и энергетических кормовых единиц.

Установлено, что гибриды (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber, Искра 2С х ПНС 2-13, (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar, Искра 2С х Early Fulgar обладают наибольшим содержанием КПЕ среди исследованных образцов сорго сахарного.

Для исследования экономической эффективности зеленого корма сорго сахарного выбраны четыре гибрида с высокой энергетической ценностью: (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber, Искра 2С х ПНС 2-13, (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar, Искра 2С х Early Fulgar (таблица 11).

Таблица 11 – Экономическая эффективность сорго сахарного, 2019-2021 гг.

Показатели	Памяти Шепеля, контроль	Гибриды			
		(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber	Искра 2С х ПНС 2-13	(Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar	Искра 2С х Early Fulgar
Урожайность зеленой массы, т/га	40,0	44,8	40,9	43,0	37,0
Выход КПЕ, т/га	8,49	8,94	9,83	9,73	9,88
Сумма производственных затрат, руб.	20300	21350	20500	21200	19500
Себестоимость 1 т КПЕ, руб.	2391	2388	2085	2179	1974
Эффективность себестоимости 1 т КПЕ, руб. (%)	-	- 3 руб. (0,1 %)	- 306 руб. (12,8 %)	- 212 руб. (8,9 %)	- 417 руб. (17,4 %)

При исследовании эффективности себестоимости одной тонны кормо-протеиновых единиц в условиях Республики Крым, новые гибриды F₁ сорго сахарного (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar, Искра 2С х ПНС 2-13, Искра 2С х Early Fulgar рекомендованы для селекционных исследований с дальнейшей передачей в Госсорткомиссию для испытания и последующего районирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований достигнута поставленная цель по созданию нового исходного материала сорго сахарного по морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам: создан 101 гибрид F₁ путем искусственного опыления сортов, форм, линий сорго коллекции ВИР и селекции АТА. Из них выделено по селекционно-ценным признакам 27 гибридов F₁ сорго сахарного. Рекомендованы 3 гибрида F₁ для селекционных исследований с дальнейшей передачей в Госсорткомиссию для испытания с последующим районированием.

1. В течение 2018-2021 гг. из 42 отцовских сортов, линий, форм и 8 материнских аналогов линий сорго по хозяйственно ценным признакам выделено:

- 12 сортов, линий и форм: 5 – коллекции ВИР (Early Fulgar, Лиственит, Early Amber, Сорго Абхазия и Lango, Olwa) и 7 – селекции АТА (Памяти Шепеля, Просвет 1/1, Крымский сладкий, Крысакор 12/1, ПНС 2-13, Крымское 15, Питательное) для гибридизации и дальнейшей селекционной работы. Они использованы как отцовские компоненты при гибридизации;

- 5 материнских аналогов линий сорго: 3 стерильных аналога линий сорго зернового (Бурана 24С, Искра 2С, Перспектива 80С), 2 стерильных гибрида ((Коричневая 11С x ГОС 11)С, (Искра 2С x ГОС 11)С).

2. Из изученных 21 сорта, линии, формы сорго по реакции на ЦМС установлено, что 15 (71,0 %) являются восстановителями фертильности и 6 (29,0 %) – полувосстановителями фертильности. С восстановителями фертильности методом гибридизации созданы гибриды.

3. По результатам оценки комбинационной способности по урожайности зеленой массы сортов, линий, форм сорго сахарного высокую ОКС показали – Крымское 15 и (Искра 2С x ГОС 11)С. С высокой СКС выделены – Лиственит, Крымский сладкий, Early Fulgar, ПНС 2-13, Памяти Шепеля и Lango, Olwa, Бурана 24С и (Коричневая 11С x ГОС 11)С, Искра 2С и (Искра 2С x ГОС 11)С. Выделенные сорта, линии, формы рекомендовано применять в скрещиваниях для создания высокогетерозисных по урожайности надземной массы гибридов.

4. Выделены сорта, линии и формы с высоким содержанием сахаров (более 17 %): Питательное, Крысакор 12/1, Крымское, Lango, Olwa, Памяти Шепеля, ПНС 2-13, Крымский сладкий, Лиственит, Kansas orange, Rox orange.

5. Определены корреляционные связи между количественными признаками сортов, линий и форм сорго сахарного:

- установлено, что высокие ($r > 0,70$) положительные связи сформированы между шириной листа и диаметром стебля; количеством междоузлий и диаметром стебля; количеством междоузлий и периодом «всходы-полная спелость»;

- средние корреляционные связи ($r = 0,30 - 0,70$) сформированы между продолжительностью вегетационного периода и диаметром стебля; высотой растений и динамикой начального роста, высотой растений и содержанием сахаров в соке стеблей, высотой и количеством междоузлий; урожайностью и биометрическими показателями; шириной листовых пластин и количеством междоузлий.

6. В результате изучения интенсивности начального роста у сорго сахарного рекомендовано дальнейшее изучение гибридов с наибольшим суточным приростом в период «20-30 сутки после всходов»: (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Крысакор 12/1 (2,41 см/сут.) и (Искра 2С x ГОС 11)С x Питательное (2,45 см/сут.). В период «30 сутки после всходов» выявлен гибрид со средней интенсивностью начального роста: (Искра 2С x ГОС 11)С x Питательное – 46,8 см, который рекомендовано использовать для создания форм с более интенсивными темпами начального роста.

7. При определении продуктивности надземной массы выявлены высокоурожайные гибриды сорго сахарного: (Искра 2С x ГОС 11)С x Крымское 15 (52,1 т/га), (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Лиственит (46,4 т/га),

(Искра 2С х ГОС 11)С х Памяти Шепеля (45,2 т/га), (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber (44,8 т/га).

8. В результате селекционной работы по созданию высокосахаристых гибридов сорго сахарного, были выделены:

- простой гибрид F₁: Бурана 24С х Early Fulgar (17,9 %);
- трехлинейные гибриды F₁: (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Просвет 1/1 (17,8 %), (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1 (17,2 %), (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное (16,7 %), (Искра 2С х ГОС 11)С х Просвет 1/1 (16,6 %).

9. При изучении эффекта гетерозиса у новых гибридов выявлены:

- истинный гетерозис на позднеспелость у Бурана 24С х Lango, Olwa (7,4 %), (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Lango, Olwa (7,4 %);
- по высоте растений наибольший показатель истинного гетерозиса у Бурана 24С х Lango, Olwa, (Искра 2С х ГОС 11)С х Просвет 1/1;
- превышение высокоурожайных гибридов над лучшей родительской формой составило до 37,0 % (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber. Трансгетерозис позволил выявить высокопродуктивный гибрид (Искра 2С х ГОС 11)С х Крымское 15 (30,3 %).

10. При изучении наследования признаков установлены гибриды с эффектом сверхдоминирования признаков ($h_p > 1,0$):

- по продолжительности периода «всходы - полная спелость»: (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное;
- по высоте растений: Бурана 24С х Сорго Абхазия, Перспектива 80С х Просвет 1/1, Бурана 24С х Early Fulgar, (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное и Бурана 24С х Просвет 1/1;
- по количеству междоузлий: (Коричневая 11С х ГОС 11)С х Крысакор 12/1, Бурана 24С х Просвет 1/1, Бурана 24С х Сорго Абхазия, (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Amber, (Искра 2С х ГОС 11)С х Питательное;
- при изучении наследования содержания сахаров в соке стеблей сорго сахарного выявлен гибрид Бурана 24С х Early Fulgar.

11. Расчет кормовой ценности зеленой массы форм сорго сахарного для крупного рогатого скота, позволил определить, что простой гибрид Искра 2С х Early Fulgar обладает наибольшим содержанием обменной энергии, энергетических кормовых единиц и кормо-протеиновых единиц.

12. При исследовании экономической эффективности себестоимости 1 т КПЕ в условиях Республики Крым, новые гибриды F₁ сорго сахарного (Искра 2С х ГОС 11)С х Early Fulgar, Искра 2С х ПНС 2-13, Искра 2С х Early Fulgar рекомендованы для селекционных исследований с дальнейшей передачей в Госсорткомиссию для испытания и последующего районирования.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКИ

1. По результатам оценки комбинационной способности рекомендованы для использования в селекционной работе сорта, линии, формы сорго сахарного Крымское 15, Лиственит, Крымский сладкий, Early Fulgar, ПНС 2-13, Памяти Шепеля и Lango, Olwa и стерильные аналоги линий сорго: (Искра 2С х ГОС 11)С, Бурана 24С, (Коричневая 11С х ГОС 11)С, Искра 2С. Выделенные сорта, линии,

формы рекомендовано применять в скрещиваниях для создания высокогетерозисных по урожайности надземной массы гибридов.

2. Сорты, линии, формы с высоким содержанием сахаров (более 17 %): Питательное, Крысакор 12/1, Крымское, Lango, Olwa, Памяти Шепеля, ПНС 2-13, Крымский сладкий, Лиственит, Kansas orange, Rox orange, Просвет 1/1 рекомендовано использовать при создании высокосахаристых форм сорго сахарного.

3. В селекционной практике рекомендовано особое внимание уделять гетерозисным гибридам сорго с повышенной урожайностью надземной массы: Искра 2С x ГОС 11)С x Early Amber, (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Лиственит, (Искра 2С x ГОС 11)С x Памяти Шепеля, (Искра 2С x ГОС 11)С x Крымское 15.

4. Рекомендованы для селекции на высокосахаристость гибриды F₁ Бурана 24С x Early Fulgar (17,9 %), (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Просвет 1/1 (17,8 %), (Коричневая 11С x ГОС 11)С x Крысакор 12/1 (17,2 %), (Искра 2С x ГОС 11)С x Питательное (16,7 %), (Искра 2С x ГОС 11)С x Просвет 1/1 (16,6 %).

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Болдырева, Л.Л. Перспективы селекции сорго сахарного в условиях Крыма / Л.Л. Болдырева, **В.Н. Юдина** // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2017. – № 11 (174). – С. 5-12.

2. Болдырева, Л.Л. Создание высокосахаристых гибридов F₁ сорго сахарного в условиях Крыма / Л.Л. Болдырева, **В.Н. Юдина** // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2019. – № 19 (182). – С. 57-63.

3. Болдырева, Л.Л. Оценка комбинационной способности сорго сахарного по урожайности зелёной массы методом неполного топкросса / Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин, **В.Н. Юдина** // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 22 (185). – С. 5-11.

4. **Юдина, В.Н.** Влияние погодных условий на продуктивность сортообразцов сорго сахарного как источника для создания высокогетерозисных гибридов в условиях Предгорного Крыма / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 24 (187). – С. 5-10.

5. **Юдина В.Н.** Наследование хозяйственно-ценных признаков гибридами F₁ сорго сахарного / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 28 (191). – С. 22-31.

6. **Юдина, В.Н.** Исследование самоопыленных форм сорго сахарного как исходного материала для создания гибридов в условиях Крыма / В.Н. Юдина, Л. Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 97. – С. 150-154. DOI.10.21515/1999-1703-97-150-154.

Публикации в журналах, индексируемых в Scopus:

7. Creation of new high-sugar forms of sweet sorghum as a source of raw materials for the production of bioethanol in the conditions of Submontane Crimea / **V.N. Yudina**, L.L. Boldyreva, V.V. Britvin, G.V. Reshetnik // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - Vol. 723. DOI.10.1088/1755-1315/723/2/022061.

Публикации в журналах, сборниках научных трудов, материалах конференций:

8. **Юдина, В.Н.** Сорго сахарное как альтернативный источник производства сахаров / В.Н. Юдина // III научно-практическая конференция «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / сборник тезисов участников / Симферополь. – 2017. – Т.1. – С. 152.

9. Болдырева, Л.Л. Реакция образцов сорго сахарного коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова на условия произрастания в Крыму/ Л.Л. Болдырева, **В.Н. Юдина** // Российская теоретическая и научно-практическая, юбилейная конференция «Агробиологические основы адаптивно-ландшафтного ведения сельскохозяйственного производства» (посвященная 100-летию создания АБиП), г. Симферополь, 12–16 октября 2018 г.– Симферополь, 2018 г. – С. 43-46.

10. Болдырева, Л.Л. Изучение сортообразцов сорго сахарного в условиях Предгорного Крыма / Л.Л. Болдырева, **В.Н. Юдина** // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, г. Курск, 11-13 сентября 2019 г. – Курск: ФГБНУ «КФАНЦ», 2019. – С. 450-452.

11. **Юдина, В.Н.** Создание высокосахаристых линий сорго сахарного / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева // Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского: Сборник тезисов участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 30 октября – 01 ноября 2019 г. – Симферополь: б/и, 2019. – С. 12-14.

12. **Юдина, В.Н.** Оценка комбинационной способности сорго сахарного по урожаю зеленой массы в условиях Предгорного Крыма / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева // V Международная конференция «Генофонд и селекция растений» (11–13 ноября 2020 г.) / ФИЦ ИЦиГ Сиб. отделения РАН. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2020. – С. 197-199. DOI.10.18699/GRV2020-125.

13. **Юдина, В.Н.** Изучение содержания водорастворимых сахаров в стеблях сорго сахарного в условиях Предгорного Крыма / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева // Растениеводство и луговодство: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием / под ред. А.В. Шитиковой. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2020. – С. 249-252. DOI. 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-54.

14. **Юдина, В.Н.** Изучение интенсивности роста гибридов F₁ сорго сахарного в условиях предгорного Крыма / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых АПК, Рассвет, 14–15 мая 2021 г. – Рассвет: ООО "АзовПринт", 2021. – С. 133-137. – DOI 10.34924/FRARC.2021.59.46.001.